

⑬ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 823 381

⑫ N° d'enregistrement national : **01 04640**

⑤① Int Cl⁷ : H 02 J 3/12

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 05.04.01.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.10.02 Bulletin 02/41.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : *ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE NATIONAL — FR.*

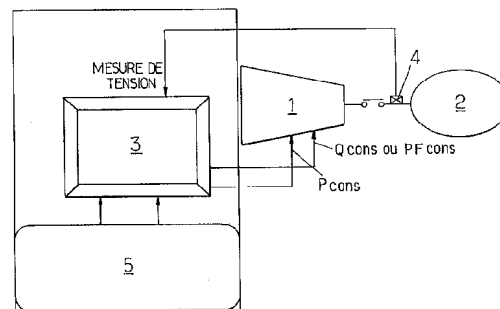
⑦② Inventeur(s) : LEMERLE PIERRE, PASCAUD ISABELLE, LOMBARD XAVIER et NGUEFEU SAMUEL.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑤④ **PROCEDE ET INSTALLATION DE REGULATION DE LA TENSION D'UN DISPOSITIF DECENTRALISE DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE RACCORDE A UN RESEAU DE DISTRIBUTION.**

⑤⑦ Procédé pour réguler la tension d'un dispositif (1) de production décentralisée d'énergie électrique raccordé à un réseau de distribution (2), ce dispositif étant propre à produire de la puissance active à destination du réseau et à produire et consommer de la puissance réactive respectivement à destination et en provenance du réseau; on effectue la régulation à partir d'au moins un signal de mesure de tension (V_{mes}) effectuée au raccordement ou au voisinage du raccordement dudit dispositif (1) audit réseau de distribution (2) et, pour effectuer la régulation, on établit (en 3) à partir du signal de mesure de tension, un signal de consigne de puissance active (P_{cons}) et un signal de consigne de puissance réactive (Q_{cons}) ou de facteur de puissance (PF_{cons}) propres à piloter le dispositif de production décentralisée (1).



FR 2 823 381 - A1



PROCEDE ET INSTALLATION DE REGULATION DE LA TENSION D'UN
DISPOSITIF DECENTRALISE DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE
RACCORDE A UN RESEAU DE DISTRIBUTION

5 La présente invention concerne des
perfectionnements apportés dans le domaine de la
régulation de la tension d'un dispositif de production
décentralisée d'énergie électrique raccordé à un réseau de
distribution, ledit dispositif de production décentralisée
10 étant propre à produire de la puissance active à
destination du réseau et à produire et consommer de la
puissance réactive respectivement à destination et en
provenance dudit réseau.

Le développement de sources d'énergie
15 délocalisées, qui intègrent simultanément la production
d'électricité, de chaleur et/ou de froid, est en pleine
expansion. Les réalisations concernaient jusqu'à présent
des installations de forte puissance, dans l'industrie ou
dans le secteur tertiaire. Les perfectionnements continus
20 des techniques et l'évolution des marchés, notamment en
Europe, font que les installations visées, dites
installations de cogénération (production simultanée
d'électricité et de chaleur), sont potentiellement
capables de couvrir des besoins allant de 30 kW à 100 MW.

25 Le développement de la production décentralisée
d'électricité sur les réseaux de distribution a mis à jour
deux problèmes concomitants concernant :

- la gestion des niveaux de puissance réactive
d'un poste source ou d'un poste de distribution
30 publique, et
- la maîtrise du plan de tension sur les départs
HT et BT.

Pour réduire ces problèmes, les règles de raccordement aux réseaux de distribution imposent a minima un contrôle ou une plage de variation prédéterminée de la puissance réactive échangée entre une installation de production et le réseau de distribution. Dans des cas particuliers, et lorsque la technologie de l'installation le permet, il peut être demandé, par le réseau de distribution, une action sur la puissance réactive et/ou active échangée entre l'installation productrice et le réseau de distribution, afin de limiter les fluctuations de tension engendrées, dans le réseau de distribution, par l'installation de production.

Les installations de production de relativement forte puissance (supérieure à 1 MW) possèdent en général une génératrice qui délivre, directement ou par l'intermédiaire d'un réducteur, une tension à une fréquence de 50 ou 60 Hz. La régulation de tension est alors obtenue en faisant varier la puissance réactive uniquement. Les différentes régulations utilisées sont en général adaptées site par site.

On connaît différents types de dispositifs compensateurs de puissance réactive mettant en œuvre des thyristors ou des composants GTO et des régulations de tension ont été développées pour ces dispositifs compensateurs de puissance réactive. En particulier, une régulation de tension connue, associée avec un dispositif compensateur statique à thyristors, est très rapide (temps de réponse moindre que 100 ms), mais les paramètres de régulation mis en œuvre dépendent du site et de la configuration du réseau de distribution.

Les installations de production à microturbines ou à piles à combustible, qui nécessitent un pont de conversion alternatif/continu/alternatif (AC/DC/AC) entre

les générateurs de tension et le réseau de distribution à une fréquence de 50/60 Hz, ont une capacité de production de puissance réactive nettement supérieure aux moteurs classiques, en raison essentiellement de la réserve de puissance réactive conférée par la capacité continue du pont continu/alternatif (DC/AC).

L'invention a essentiellement pour objet de proposer une solution perfectionnée qui écarte les inconvénients ou insuffisances des solutions actuellement connues, et notamment de proposer une régulation de tension offrant une plus grande flexibilité et permettant en particulier :

- de faire croître ou décroître la puissance active délivrée par le dispositif de production décentralisée pour continuer à réguler la tension lorsque les limites de la puissance réactive sont atteintes ;
- de surveiller toutes les phases et de limiter les fluctuations de tension sur chacune d'elles.

A ces fins, selon un premier de ses aspects, l'invention propose un procédé pour réguler la tension d'un dispositif de production décentralisée d'énergie électrique raccordé à un réseau de distribution, lequel dispositif de production décentralisée étant propre à produire de la puissance active à destination du réseau et à produire et consommer de la puissance réactive respectivement à destination et en provenance dudit réseau, lequel procédé, étant conforme à l'invention, se caractérise en ce qu'on effectue la régulation à partir d'au moins un signal de mesure de tension effectuée au raccordement ou au voisinage du raccordement dudit dispositif de production centralisée audit réseau de

distribution et en ce que, pour effectuer la susdite
régulation, on établit, à partir dudit signal de mesure de
tension, un signal de consigne de puissance active et un
signal de consigne de puissance réactive ou de facteur de
5 puissance propres à piloter le dispositif de production
décentralisée.

Avantageusement, pour établir le ou les signaux de
mesure de tension précité, on mesure la valeur directe ou
la valeur efficace de la tension monophasée ou polyphasée,
10 notamment triphasée, entre phases, ou entre phase et
neutre, ou entre phase et terre.

Le procédé de l'invention offre deux possibilités
de régulation de la puissance réactive du dispositif de
production en fonction de la tension du réseau de
15 distribution auquel il doit être raccordé.

Selon la première possibilité, on effectue une
régulation de la puissance réactive à facteur de puissance
constant de la manière qui suit :

- si la tension du réseau reste comprise entre des limites
20 prédéterminées $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, la puissance réactive du
dispositif est maintenue constante et égale à la valeur
par défaut définie par le facteur de puissance ;
- si la tension du réseau est située en dehors des limites
prédéterminées $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, on fait croître (si la
25 tension du réseau est inférieure à $Vl_{\min P}$),
respectivement décroître (si la tension du réseau est
supérieure à $Vl_{\max P}$) la puissance réactive du dispositif
jusqu'à ce que la tension revienne dans les limites
prédéterminées ;
- 30 • si la tension du réseau est comprise dans une de deux
bandes mortes $[Vl_{\max}, Vl_{\max P}]$ avec $P \geq P_{ref}$ et $[Vl_{\min P}, Vl_{\min}]$
avec $P \leq P_{ref}$, la puissance réactive est maintenue à la
valeur atteinte lors du pas de temps précédent. Cette

bande morte avec hystérésis permet d'éliminer les petites oscillations.

Selon la seconde possibilité, on effectue une régulation de la puissance réactive par statisme de la manière qui suit :

- si la tension du réseau est dans les limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, on fait évoluer la puissance réactive selon une loi linéaire,
- si la tension du réseau est en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, on limite la puissance réactive à la valeur Q_{\max} ou Q_{\min} respectivement.

Si maintenant, dans l'une ou l'autre des régulations de puissance réactive ci-dessus exposées, la tension du réseau de distribution demeure trop haute ou trop basse alors que la puissance réactive du dispositif de production a atteint sa valeur minimale Q_{\min} ou maximale Q_{\max} , la puissance active va décroître ou croître, ce qui permet au dispositif de production décentralisée de continuer à fonctionner. Trois possibilités de régulation de la puissance active sont offertes.

Selon une première possibilité, on effectue une régulation de la puissance active du dispositif à facteur Q constant de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, on fait décroître/croître respectivement la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et la puissance réactive conserve la valeur limite Q_{\max} ou Q_{\min} , respectivement, qu'elle avait atteinte.

Selon une deuxième possibilité, on effectue une régulation de la puissance active du dispositif à puissance apparente S constante de la façon suivante : si

la tension du réseau est située en dehors des limites
 $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le
 maximum/minimum, on fait respectivement décroître/croître
 la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau
 revienne dans les limites, et on fait évoluer la puissance
 5 réactive selon la loi $Q_{ref} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{ref}^2}$.

Selon une troisième possibilité, on effectue une
 régulation de la puissance active pour un facteur de
 puissance PF tel que $|PF| \geq n$ ($0 \leq n \leq 1$) de la façon
 10 suivante : si la tension du réseau est située en dehors
 des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a
 atteint le maximum/minimum, on fait respectivement
 décroître/croître la puissance active jusqu'à ce que la
 tension du réseau revienne dans les limites, et on fait
 15 évoluer la puissance réactive selon la loi

$$Q_{ref} = P_{ref} \sqrt{\frac{1}{n^2} - 1} = K \cdot P_{ref}, \text{ où } K \text{ est une constante.}$$

Dans ce dernier cas, on peut prendre en pratique

$$|PF| \geq 0,75 \text{ et alors } Q_{ref} = P_{ref} \sqrt{\frac{1}{0,75^2} - 1} = 0,882 P_{ref}.$$

Selon un second de ses aspects, l'invention
 20 propose une installation de production décentralisée
 d'énergie électrique, comprenant un dispositif de
 production d'énergie électrique raccordé à un réseau de
 distribution, ledit dispositif de production étant propre
 à produire de la puissance active à destination du réseau
 25 et à produire et consommer de la puissance réactive
 respectivement à destination et en provenance dudit
 réseau, laquelle installation, étant agencée conformément
 à l'invention, se caractérise en ce qu'elle comprend
 également

- une unité de régulation de la tension dudit dispositif de production ;
- des moyens pour mesurer les tensions au raccordement ou au voisinage du raccordement dudit dispositif avec le réseau de distribution, lesquelles tensions mesurées sont appliquées à une entrée de la susdite unité de régulation ;
- ladite unité de régulation étant propre à délivrer un signal de consigne de puissance active et un signal de consigne de puissance réactive ou de facteur de puissance qui sont appliqués à deux entrées respectives de régulation du dispositif de production décentralisée.

Avantageusement, les moyens de mesure sont agencés pour mesurer la valeur directe ou la valeur efficace de la tension monophasée ou polyphasée, notamment triphasée, entre phases, ou entre phase et neutre, ou entre phase et terre.

Selon un premier mode de réalisation possible de l'installation de l'invention, l'unité de régulation est agencée pour effectuer une régulation de la puissance réactive à facteur de puissance constant de la manière qui suit :

- si la tension du réseau reste comprise entre des limites prédéterminées $[V_{\min P}, V_{\max P}]$, l'unité de régulation maintient la puissance réactive constante et égale à la valeur par défaut définie par le facteur de puissance ;
- si la tension du réseau est située en dehors des limites prédéterminées $[V_{\min P}, V_{\max P}]$, l'unité de régulation fait croître (si la tension du réseau est inférieure à $V_{\min P}$), respectivement décroître (si la tension du réseau est supérieure à $V_{\max P}$) la puissance réactive du dispositif jusqu'à ce que la tension revienne dans les limites prédéterminées ;

- si la tension du réseau est comprise dans une de deux bandes mortes $[Vl_{\max}, Vl_{\max P}]$ avec $P \geq P_{ref}$ ou $[Vl_{\min P}, Vl_{\min}]$ avec $P \leq P_{ref}$, l'unité de régulation maintient la puissance réactive à la valeur atteinte lors du pas de temps précédent.

Selon un second mode de réalisation possible de l'installation de l'invention, l'unité de régulation est agencée pour effectuer une régulation de la puissance réactive par statisme de la manière qui suit :

- si la tension du réseau est dans les limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, l'unité de régulation fait évoluer la puissance réactive selon une loi linéaire,
- si la tension du réseau est en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, l'unité de régulation limite la puissance réactive à la valeur Q_{\max} ou Q_{\min} respectivement.

Dans le cas où la tension du réseau de distribution demeure trop haute ou trop basse et que la puissance réactive du dispositif de production a atteint sa valeur minimale Q_{\min} ou maximale Q_{\max} , on prévoit que l'unité de régulation est agencée pour effectuer une régulation de la puissance active du dispositif à facteur Q constant de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, l'unité de régulation fait décroître/croître respectivement la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites et l'unité de régulation maintient la puissance réactive à la valeur limite Q_{\max} ou Q_{\min} , respectivement, qu'elle avait atteinte.

Dans le même cas, on peut également prévoir que l'unité de régulation est agencée pour effectuer une

5 régulation de la puissance active à puissance apparente S constante de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[V_{\min P}, V_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum, l'unité de régulation fait respectivement décroître/croître la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites et l'unité de régulation fait évoluer la puissance réactive selon la loi

$$Q_{ref} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{ref}^2}.$$

10 Toujours dans le même cas, on peut également prévoir que l'unité de régulation effectue une régulation de la puissance active pour $|PF| \geq n$ ($0 \leq n \leq 1$) de la façon qui suit : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[V_{\min P}, V_{\max P}]$ et si la puissance réactive a
15 atteint le maximum/minimum respectivement, l'unité de régulation fait décroître/croître, respectivement, la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites et l'unité de régulation fait évoluer la puissance réactive selon la loi

20 $Q_{ref} = P_{ref} \sqrt{\frac{1}{n^2} - 1} = K \cdot P_{ref}$, K étant une constante ; en pratique on prend $|PF| \geq 0,75$ constant, ce qui conduit à $Q_{ref} = 0,882 \cdot P_{ref}$.

Les dispositions prévues dans le cadre de la présente invention conduisent aux avantages suivants :

- possibilité de réguler la tension au point de connexion
25 du dispositif de production décentralisée avec le réseau de distribution ;
- amélioration de la tenue de tension du réseau de distribution et possibilité d'extension de la gamme des services proposés par l'installation de production
30 décentralisée ;

- possibilité, avec la régulation de la puissance réactive disponible avec un convertisseur continu/alternatif (DC/AC), de réguler la tension du réseau suivant les lois suivantes :
 - 5 - à tension constante,
 - à facteur de puissance constant afin de minimiser les pertes,
 - avec statisme selon une loi linéaire ;
- possibilité, à travers la régulation de la puissance active, d'accroître la plage de fonctionnement du
10 dispositif de production décentralisée, et donc la rentabilité de ce dispositif ;
- possibilité, à travers la régulation de la puissance active, de réguler la tension du réseau suivant les
15 lois suivantes :
 - à puissance réactive constante,
 - à puissance apparente constante,
 - à facteur de puissance constant ;
- programmation d'un seul jeu de paramètres quel que soit
20 le site ;
- suppression des oscillations, même de petite amplitude, grâce à la présence d'une bande morte à hystérésis.

La régulation de tension proposée conformément à l'invention peut trouver une application dans toutes les
25 installations de production décentralisée quel qu'en soit le type (pile à combustible, éolienne, ...) et quelle qu'en soit la puissance, et elle offre une grande souplesse d'utilisation et une excellente fiabilité.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la
30 description détaillée qui suit de certains modes de réalisation préférés, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs. Dans cette description, on se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma par blocs illustrant de façon très simplifiée l'agencement d'une installation conforme à l'invention ;

5 - les figures 2 et 3 sont des graphiques puissance réactive/tension illustrant la régulation de la puissance réactive respectivement à facteur de puissance et avec statisme ; et

- les figures 4A à 4D sont respectivement quatre schémas de régulation de la puissance active.

10 En se reportant tout d'abord à la figure 1, un dispositif 1 de production décentralisée d'énergie électrique est raccordé à un réseau de distribution 2. Le dispositif de production 1 est propre à produire de la puissance active à destination du réseau 2 et à produire
15 et consommer de la puissance réactive respectivement à destination et en provenance du réseau 2.

Conformément à l'invention, on adjoint au dispositif de production 1 une unité de régulation 3 propre à réguler la tension à la sortie dudit dispositif
20 de production 1. L'unité de régulation 3 reçoit une information d'entrée constituée par la tension mesurée V_{mes} , par des moyens de mesure 4, au raccordement ou au voisinage du raccordement du dispositif de production 1 avec le réseau de distribution 2. L'unité de régulation 3
25 reçoit aussi des valeurs ou paramètres de fonctionnement tenus en mémoire en 5, par exemple : valeurs limites de la puissance réactive Q_{max} , Q_{min} ; valeurs limites de la tension en ligne Vl_{maxP} , Vl_{max} , Vl_{min} , Vl_{minP} ; valeurs limites de puissance apparente S_{max} et de puissance active
30 P_{max} , P_{min} ; vitesses de variation de la puissance P_{var} (kW/s), Q_{var} (kVar/s) ; ...

L'unité de régulation 3 délivre, à destination du dispositif de production 1, un signal de consigne de

puissance active P_{cons} et un signal de consigne de puissance réactive Q_{cons} ou de facteur de puissance PF_{cons} .

De façon indifférente pour la fiabilité du fonctionnement de l'installation et la qualité des résultats obtenus, les moyens 4 de mesure de la tension peuvent mesurer soit la valeur directe, soit la valeur efficace de la tension, qui peut être une tension monophasée ou polyphasée, notamment triphasée, la mesure de tension pouvant être effectuée entre phases, ou entre phase et neutre, ou entre phase et terre.

Deux processus de régulation de la puissance réactive du dispositif de production 1 en fonction de la tension du réseau de distribution 2 peuvent être envisagés.

Selon le premier processus de régulation envisageable, l'unité de régulation 3 est agencée pour effectuer une régulation de la puissance réactive à facteur de puissance constant de la manière qui suit :

- si la tension du réseau reste comprise entre des limites prédéterminées $[Vl_{\text{minP}}, Vl_{\text{maxP}}]$, l'unité de régulation 3 maintient la puissance réactive constante et égale à la valeur par défaut définie par le facteur de puissance ;
- si la tension du réseau est située en dehors des limites prédéterminées $[Vl_{\text{minP}}, Vl_{\text{maxP}}]$, l'unité de régulation 3 fait croître (si la tension du réseau est inférieure à Vl_{minP}), respectivement décroître (si la tension du réseau est supérieure à Vl_{maxP}) la puissance réactive du dispositif jusqu'à ce que la tension revienne dans les limites prédéterminées ;
- si la tension du réseau est comprise dans une de deux bandes mortes $[Vl_{\text{max}}, Vl_{\text{maxP}}]$ avec $P \geq P_{\text{ref}}$ ou $[Vl_{\text{minP}}, Vl_{\text{min}}]$ avec $P \leq P_{\text{ref}}$, l'unité de régulation 3 maintient la puissance réactive à la valeur atteinte lors du pas de

temps précédent. Cette bande morte avec hystérésis permet d'éliminer les petites oscillations.

La figure 2 illustre sous forme d'un graphique une telle régulation, avec les valeurs de puissance réactive portées en ordonnées et les valeurs de tension du réseau portées en abscisses.

Selon le second processus de régulation envisageable, l'unité de régulation 3 est agencée pour effectuer une régulation de la puissance réactive par statisme de la manière qui suit :

- si la tension du réseau est dans les limites $[V_{\min P}, V_{\max P}]$, l'unité de régulation 3 fait évoluer la puissance réactive selon une loi linéaire,
- si la tension du réseau est en dehors des limites $[V_{\min P}, V_{\max P}]$, l'unité de régulation 3 limite la puissance réactive à la valeur Q_{\max} ou Q_{\min} respectivement.

La figure 3 illustre sous forme d'un graphique une telle régulation, avec les valeurs de puissance réactive portées en ordonnées et les valeurs de tension du réseau portées en abscisses.

Si maintenant la tension du réseau de distribution ou tension de ligne V_l demeure trop haute ou trop basse et si la puissance réactive du dispositif de production a atteint sa valeur limite Q_{\min} ou Q_{\max} , la puissance active va être amenée à décroître ou à croître, ce qui permet au dispositif de production 1 de continuer à fonctionner. Trois processus peuvent être envisagés.

Selon le premier processus envisageable, l'unité de régulation 3 est agencée pour effectuer une régulation de la puissance active du dispositif 1 à facteur Q constant de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[V_{\min P}, V_{\max P}]$ et si la

puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, l'unité de régulation 3 fait décroître/croître respectivement la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites et l'unité de régulation 3 maintient la puissance réactive à la valeur limite Q_{\max} ou Q_{\min} , respectivement, qu'elle avait atteinte.

Selon le deuxième processus envisageable, l'unité de régulation 3 est agencée pour effectuer une régulation de la puissance active à puissance apparente S constante de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[V_{\min P}^l, V_{\max P}^l]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum, l'unité de régulation 3 fait respectivement décroître/croître la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et l'unité de régulation 3 fait évoluer la puissance réactive selon la loi

$$Q_{ref} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{ref}^2}.$$

Selon le troisième processus envisageable, l'unité de régulation 3 effectue une régulation de la puissance active pour $|PF| \geq n$ ($0 \leq n \leq 1$) de la façon qui suit : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[V_{\min P}^l, V_{\max P}^l]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, l'unité de régulation 3 fait décroître/croître, respectivement, la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et l'unité de régulation 3 fait évoluer la puissance réactive selon la loi $Q_{ref} = P_{ref} \sqrt{\frac{1}{n^2} - 1} = K \cdot P_{ref}$, K étant une constante. En pratique on souhaite maintenir le facteur de puissance à une valeur constante au moins égale

à 0,75, ce qui conduit à une valeur de la puissance réactive de $Q_{ref} = 0,882.P_{ref}$.

5 Aux figures 4A à 4D sont illustrés respectivement quatre exemples de régulation de la puissance active (portée en ordonnées) en fonction de la puissance réactive (portée en abscisses), pour des valeurs données de certains paramètres.

10 La figure 4A illustre le domaine de variations relatives des puissances active P et réactive Q pour une valeur maximale de la puissance apparente S_{max} de 100 kVA et un facteur de puissance $|PF|$ supérieur à 0,75.

15 La figure 4B illustre le domaine de variations relatives des puissances active P et réactive Q pour une valeur maximale de la puissance apparente S_{max} de 75 kVA et un facteur de puissance $|PF|$ supérieur à 0,75.

La figure 4C illustre le domaine de variations de la puissance active P pour une valeur constante de puissance réactive Q.

20 La figure 4D illustre le domaine de variations relatives des puissances active P et réactive Q pour une valeur constante de la puissance apparente S.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour réguler la tension d'un dispositif
(1) de production décentralisée d'énergie électrique
5 raccordé à un réseau de distribution (2), ledit dispositif
de production décentralisée étant propre à produire de la
puissance active à destination du réseau et à produire et
consommer de la puissance réactive respectivement à
destination et en provenance dudit réseau,
10 caractérisé en ce qu'on effectue la régulation à partir
d'au moins un signal de mesure de tension (V_{mes}) effectuée
au raccordement ou au voisinage du raccordement dudit
dispositif de production centralisée (1) audit réseau de
distribution (2) et en ce que, pour effectuer la susdite
15 régulation, on établit (en 3), à partir dudit signal de
mesure de tension, un signal de consigne de puissance
active (P_{cons}) et un signal de consigne de puissance
réactive (Q_{cons}) ou de facteur de puissance (PF_{cons}) propres
à piloter le dispositif de production décentralisée (1).
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé
en ce que, pour établir le ou les signaux de mesure de
tension précité, on mesure (en 4) la valeur directe ou la
valeur efficace de la tension monophasée ou polyphasée,
notamment triphasée, entre phases, ou entre phase et
25 neutre, ou entre phase et terre.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce qu'on effectue une régulation de la
puissance réactive à facteur de puissance constant de la
manière qui suit :
- 30 • si la tension du réseau reste comprise entre des limites
prédéterminées [V_{minP} , V_{maxP}], la puissance réactive du
dispositif est maintenue constante et égale à la valeur
par défaut définie par le facteur de puissance ;

- si la tension du réseau est située en dehors des limites prédéterminées $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, on fait croître (si la tension du réseau est inférieure à $Vl_{\min P}$), respectivement décroître (si la tension du réseau est supérieure à $Vl_{\max P}$) la puissance réactive du dispositif jusqu'à ce que la tension revienne dans les limites prédéterminées ;
- si la tension du réseau est comprise dans une de deux bandes mortes $[Vl_{\max}, Vl_{\max P}]$ avec $P \geq P_{ref}$ et $[Vl_{\min P}, Vl_{\min}]$ avec $P \leq P_{ref}$, la puissance réactive est maintenue à la valeur atteinte lors du pas de temps précédent.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on effectue une régulation de la puissance réactive par statisme de la manière qui suit :

- si la tension du réseau est dans les limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, on fait évoluer la puissance réactive selon une loi linéaire,
- si la tension du réseau est en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, on limite la puissance réactive à la valeur Q_{\max} ou Q_{\min} respectivement.

5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on effectue une régulation de la puissance active du dispositif à facteur Q constant de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, on fait décroître/croître respectivement la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et en ce que la puissance réactive conserve la valeur limite Q_{\max} ou Q_{\min} , respectivement, qu'elle avait atteinte.

6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on effectue une régulation de la

puissance active du dispositif à puissance apparente (S) constante de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum, on fait
 5 respectivement décroître/croître la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et en ce qu'on fait évoluer la puissance réactive selon la loi $Q_{ref} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{ref}^2}$.

7. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on effectue une régulation de la puissance active pour un facteur de puissance PF tel que $|PF| \geq n$ ($0 \leq n \leq 1$) de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum, on
 15 fait respectivement décroître/croître la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et en ce qu'on fait évoluer la puissance réactive selon la loi $Q_{ref} = P_{ref} \sqrt{\frac{1}{n^2} - 1} = K \cdot P_{ref}$, où K est une constante.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que $|PF| \geq 0,75$.

9. Installation de production décentralisée d'énergie électrique, comprenant un dispositif (1) de production d'énergie électrique raccordé à un réseau de distribution (2), ledit dispositif de production (1) étant
 25 propre à produire de la puissance active à destination du réseau et à produire et consommer de la puissance réactive respectivement à destination et en provenance dudit réseau, caractérisée en ce qu'elle comprend également
 - une unité (3) de régulation de la tension dudit
 30 dispositif de production (1) ;

- des moyens (4) pour mesurer au moins une tension au raccordement ou au voisinage du raccordement dudit dispositif (1) avec le réseau de distribution (2), laquelle tension mesurée (V_{mes}) est appliquée à une entrée de la susdite unité de régulation (3) ;
- ladite unité de régulation (3) étant propre à délivrer un signal de consigne de puissance active (P_{cons}) et un signal de consigne de puissance réactive (Q_{cons}) ou de facteur de puissance (PF_{cons}) qui sont appliqués à deux entrées respectives de régulation du dispositif de production décentralisée (1).

10. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que les moyens de mesure (4) sont agencés pour mesurer la valeur directe ou la valeur efficace de la tension monophasée ou polyphasée, notamment triphasée, entre phases, ou entre phase et neutre, ou entre phase et terre.

11. Installation selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce que l'unité de régulation (3) est agencée pour effectuer une régulation de la puissance réactive à facteur de puissance constant de la manière qui suit :

- si la tension du réseau reste comprise entre des limites prédéterminées [V_{minP}^l , V_{maxP}^l], l'unité de régulation (3) maintient la puissance réactive constante et égale à la valeur par défaut définie par le facteur de puissance ;
- si la tension du réseau est située en dehors des limites prédéterminées [V_{minP}^l , V_{maxP}^l], l'unité de régulation (3) fait croître (si la tension du réseau est inférieure à V_{minP}^l), respectivement décroître (si la tension du réseau est supérieure à V_{maxP}^l) la puissance réactive du dispositif jusqu'à ce que la tension revienne dans les limites prédéterminées ;

- si la tension du réseau est comprise dans une de deux bandes mortes $[Vl_{\max}, Vl_{\max P}]$ avec $P \geq P_{ref}$ ou $[Vl_{\min P}, Vl_{\min}]$ avec $P \leq P_{ref}$, l'unité de régulation (3) maintient la puissance réactive à la valeur atteinte lors du pas de temps précédent.

12. Installation selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce que l'unité de régulation (3) est agencée pour effectuer une régulation de la puissance réactive par statisme de la manière qui suit :

- si la tension du réseau est dans les limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, l'unité de régulation (3) fait évoluer la puissance réactive selon une loi linéaire,
- si la tension du réseau est en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$, l'unité de régulation (3) limite la puissance réactive à la valeur Q_{\max} ou Q_{\min} respectivement.

13. Installation selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce que l'unité de régulation (3) est agencée pour effectuer une régulation de la puissance active du dispositif (1) à facteur Q constant de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, l'unité de régulation (3) fait décroître/croître respectivement la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites et en ce que l'unité de régulation (3) maintient la puissance réactive à la valeur limite Q_{\max} ou Q_{\min} , respectivement, qu'elle avait atteinte.

14. Installation selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce que l'unité de régulation (3) est agencée pour effectuer une régulation de la puissance active à puissance apparente (S) constante de la façon suivante : si la tension du réseau est située en dehors

des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum, l'unité de régulation (3) fait respectivement décroître/croître la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et en ce que l'unité de régulation (3) fait évoluer la puissance réactive selon la loi

$$Q_{ref} = \sqrt{S_{\max}^2 - P_{ref}^2}.$$

15. Installation selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce que l'unité de régulation (3) effectue une régulation de la puissance active pour $|PF| \geq n$ ($0 \leq n \leq 1$) de la façon qui suit : si la tension du réseau est située en dehors des limites $[Vl_{\min P}, Vl_{\max P}]$ et si la puissance réactive a atteint le maximum/minimum respectivement, l'unité de régulation (3) fait décroître/croître, respectivement, la puissance active jusqu'à ce que la tension du réseau revienne dans les limites, et en ce que l'unité de régulation (3) fait évoluer la puissance réactive selon la loi $Q_{ref} = P_{ref} \sqrt{\frac{1}{n^2} - 1} = K \cdot P_{ref}$, K étant une constante.

16. Installation selon la revendication 15, caractérisée en ce que $|PF| \geq 0,75$.

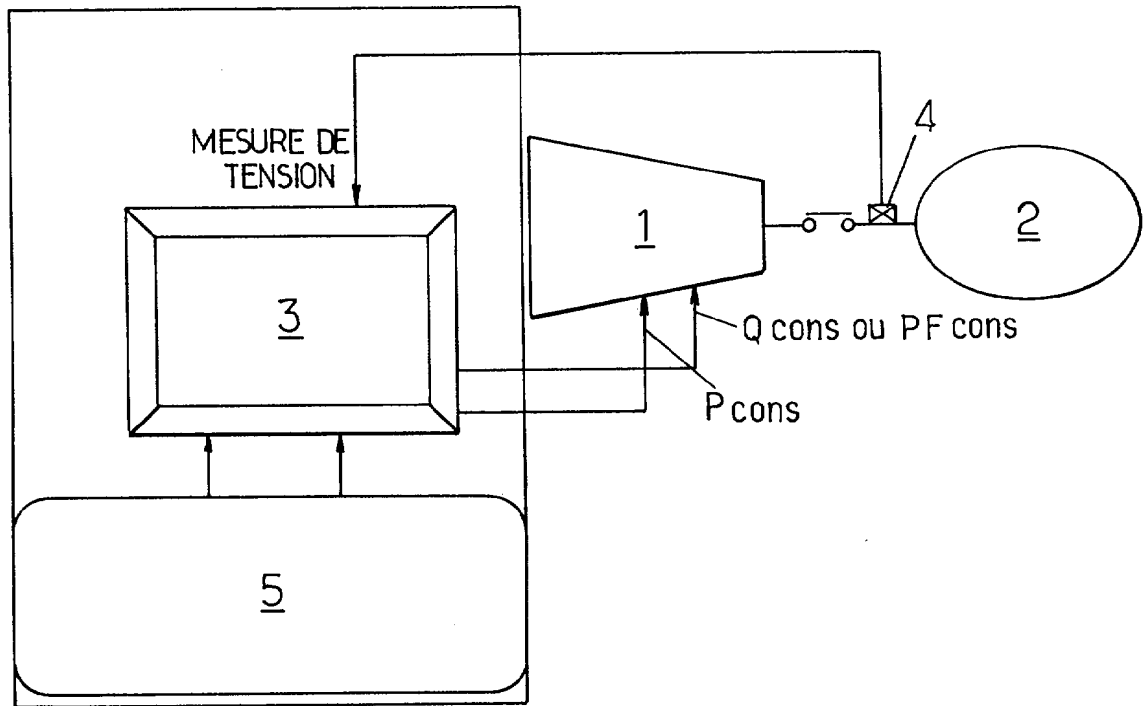


FIG.1.

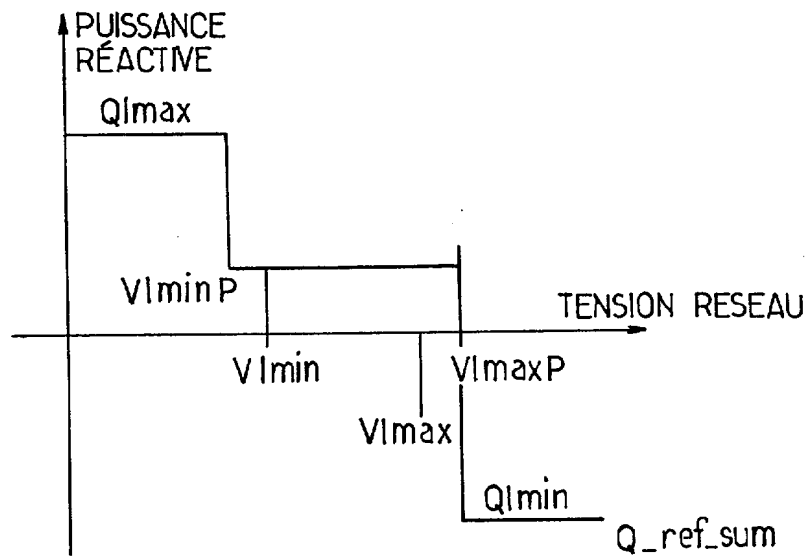


FIG. 2.

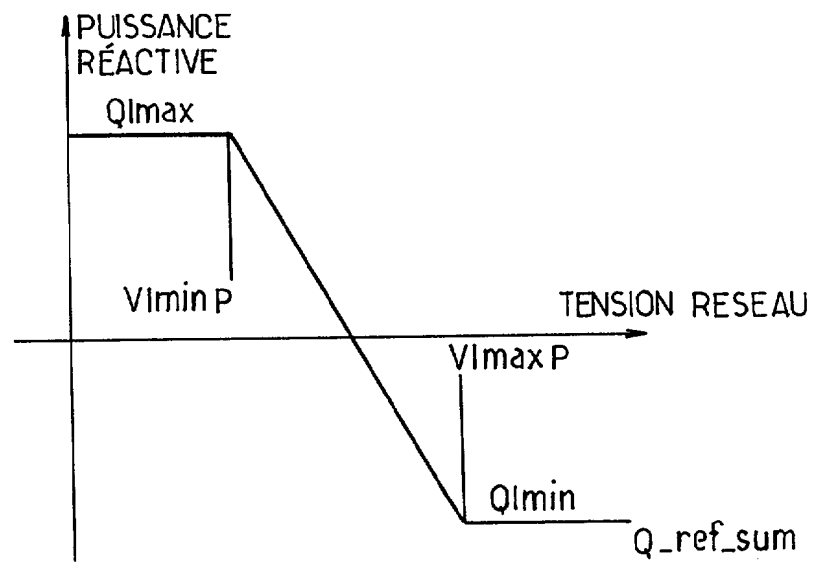


FIG. 3.

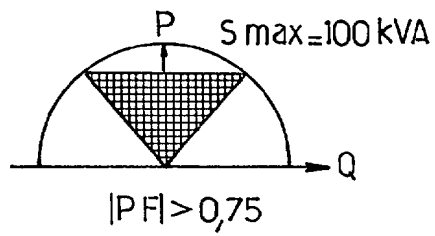


FIG. 4A.

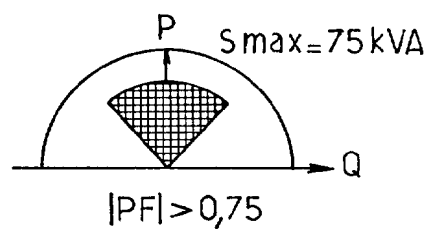


FIG. 4B.

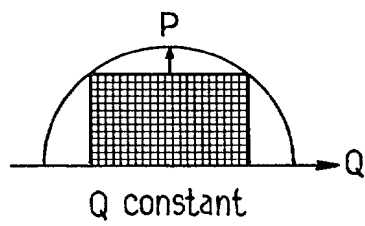


FIG. 4C.

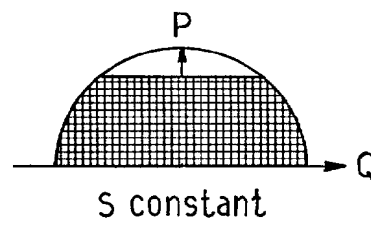


FIG. 4D.



2823381

N° d'enregistrement
national

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 600992
FR 0104640

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 387 (E-1117), 30 septembre 1991 (1991-09-30) & JP 03 155336 A (HITACHI LTD), 3 juillet 1991 (1991-07-03) * abrégé *	1,2,9,10	H02J3/12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 017 (E-154), 22 janvier 1983 (1983-01-22) & JP 57 173399 A (HITACHI SEISAKUSHO KK), 25 octobre 1982 (1982-10-25) * abrégé *	1-16	
A	US 4 245 182 A (AOTSU HIROAKI ET AL) 13 janvier 1981 (1981-01-13) * abrégé; figure 1 *	1,9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			H02J H02P
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 janvier 2002		Gentili, L	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>			
<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p>			
<p>& : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

EPO FORM 1503 12.98 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0104640 FA 600992**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14-01-2002
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 03155336	A	03-07-1991	AUCUN		
JP 57173399	A	25-10-1982	JP	1753787 C	23-04-1993
			JP	4049359 B	11-08-1992
US 4245182	A	13-01-1981	JP	53120117 A	20-10-1978
			CA	1105558 A1	21-07-1981
			DE	2813503 A1	12-10-1978